

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 87102021.0

(51) Int. Cl. 4: C02F 1/76, C02F 1/78, E04H 3/20

(22) Anmeldetag: 13.02.87

Ein Antrag gemäss Regel 88 EPÜ auf Berichtigung der Beschreibungsseiten 13(z.36), 27(z.29) und 29(z.32) liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen werden (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 2.2).

(71) Anmelder: Tamir, Shlomo
Lichtensteinstrasse 3
D-6000 Frankfurt am Main 1(DE)

(72) Erfinder: Tamir, Shlomo
Lichtensteinstrasse 3
D-6000 Frankfurt am Main 1(DE)

(74) Vertreter: Lotterhos, Hans Walter, Dr.-Ing.
Lichtensteinstrasse 3
D-6000 Frankfurt am Main 1(DE)

(30) Priorität: 19.02.86 DE 3605249

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: 23.09.87 Patentblatt 87/39

(64) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser unter Verwendung von Chlor und Ozon.**

(57) Die Ozonung des dem Becken (1) entnommenen Badewassers erfolgt konventionell mit den sehr hohen Ozonmengen von 0,5 -1,5 g/h Ozon in 45 -50 l/h (vorzubehandelnder) Luft je 1 m³/h Rohwasser erfordert einen eigenen und belüfteten Ozonungs-Reaktor für Kontaktzeiten bis 1,5 min und einen nachgeschalteten Ozonvernichter zur Entozonung des Wassers auf einen Ozongehalt unter 0,02 g Ozon/m³ Rohwasser, bevor dieses gechlort und ins Becken zurückgeleitet wird. Diese konventionelle Ozonung zwingt zu immensen Investitions- und hohen Energiekosten.

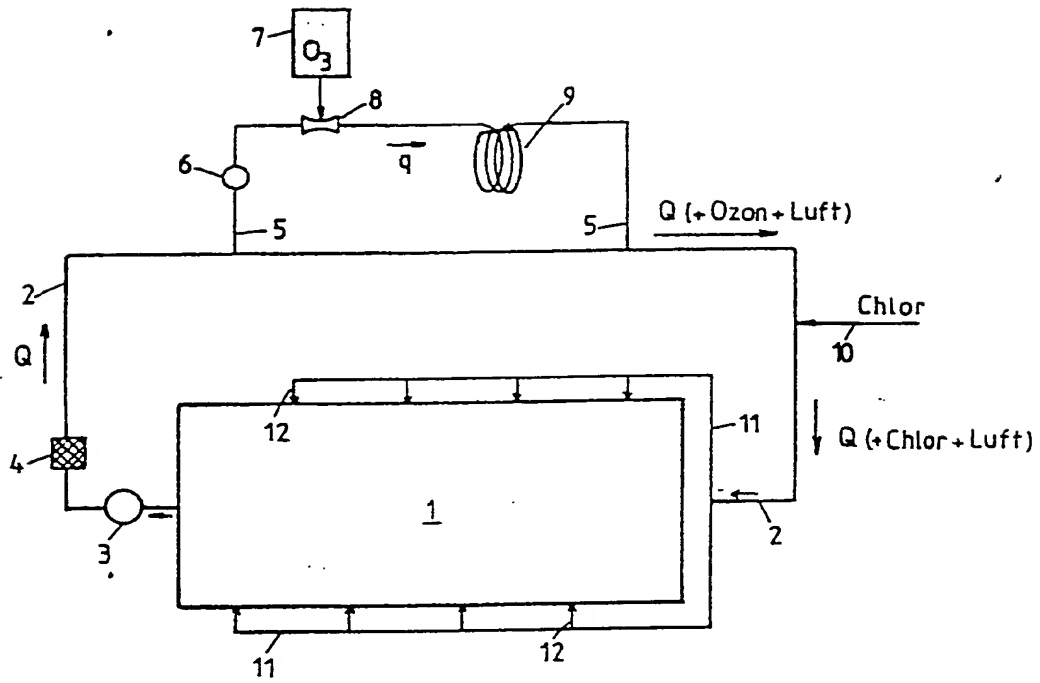
Demgegenüber genügt gemäß der Erfindung ein Ozoneinsatz von nur 1 % unter Verwendung von 1 -1,2 g/h Ozon in 700 l/h (unbehandelter) Luft aus einem handlichen Ozonisator (7) dieser Kapazität je 100 m³ Rohwasser. Die Ozonung erfolgt ohne Ozonungs-Reaktor und Ozonvernichter unter Druck direkt in der Rohrleitung (2) des Rohwasserstromes Q. Hierzu wird die Ozonluft mit einem Teilstrom q des Rohwassers in einer Strömungsspirale (9) zu einem aerosolartigen Durchmischungszustand verwirbelt und in den Hauptstrom des Rohwassers hineingeschossen. Die dadurch erzielten hohen Phasengrenzflächen bewirken eine Schnellozonung unter qualitativem Ozonverbrauch. Bei der unkomplizierten Umstellung von Bädern mit ursprünglich reinem Chlorungsbetrieb auf die Ozonungs-Chlorungs-Technik gemäß der Erfindung lassen sich die Chemikalienkosten unter gleichzeitiger hoher Verbesserung der Wasserqualität bis zu 70 % verringern.

EP 0 237 793 A2

Xerox Copy Centre

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1



Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser unter Verwendung von Chlor und Ozon.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser unter Verwendung von Chlor und Ozon und betrifft im besonderen die Ozonung des Rohwassers.

Die Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser, nachfolgend kurz auch als Badewasser bezeichnet, hat die Aufgabe, zu jeder Zeit im Becken eine Wasserbeschaffenheit sicherzustellen, die ein Infektionsrisiko für die Badegäste ausschließt. Dazu muß im Badewasser nicht nur eine hinreichend hohe Desinfektionswirkung aufrechterhalten werden, sondern entscheidend auch das Wasser außerhalb des Beckens kontinuierlich von gelösten und ungelösten Verunreinigungen und, so dennoch im Badewasser enthalten, von Mikroorganismen befreit werden. Für diese Wasseraufbereitung außerhalb des Beckens wird das Beckenwasser kontinuierlich umgewälzt, das entnommene Rohwasser gereinigt, desinfiziert und mit einem Überschuß an Desinfektionsmittel versetzt als Reinwasser ins Becken zurückgeleitet. Die Verhältnisse sind äußerst komplex, da das System "Schwimmbad" von einer Vielzahl von Parametern beeinflusst wird, auf die in ihrer Gesamtheit hier nicht eingegangen werden soll und kann. Insoweit wird auf die Literatur verwiesen, zu der auszugsweise genannt werden

-KOK-Richtlinien für den Bäderbau, 2.Auflage (1982), W.Tümmels Verlag, Nürnberg,

-W.Roeske, Schwimmbeckenwasser, Anforderungen-Aufbereitung-Untersuchung, Verlag O.Haase, Lübeck - (1980),

und insbesondere die

-Deutsche Norm DIN 19 643 Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser, April 1984, herausgegeben vom Normenausschuß Wasserwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., in welchen auf eine Fülle weiterer Literaturstellen Bezug genommen ist.

Eine Teilübersicht über die Anforderungen nach DIN 19 643 an die Wasserbeschaffenheit des Badewassers und von konventionellen Maßnahmen zur Erzielung der gewünschten Qualität des Becken- oder Badewassers findet sich in der weiter hinten stehenden Tabelle 1.

Der Desinfektion kommt, wie gesagt, bei der Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser eine besondere Bedeutung zu. Ein gutes Desinfektionsmittel soll pathogene Keime im Wasser schnell abtöten bzw. inaktivieren und die Keimzahl möglichst niedrig halten, wobei das Badewasser eine Kolonienzahl von höchstens 100 pro ml aufweisen darf und Escheria coli-Bakterien (E.coli) als Indikatorkeime für fäkale Verunreinigungen überhaupt nicht nachweisbar sein dürfen. Im Idealfall sollte das Desinfektionsmittel algizid, fungizid, bakterizid und virus inaktivierend sein, also ein breites Wirkungsspektrum haben, wobei man von der Erkenntnis ausgeht (vgl. Roeske, a.a.O., 204 ff.), daß die Wirkung des Desinfektionsmittels nicht nur in einem unmittelbaren chemischen Angriff auf den Mikroorganismus zu suchen ist, sondern besonders darin liegt, daß es im Wasser ein Redoxpotential aufbaut und aufrechterhalten soll, welchem gegenüber die Mikroorganismen nicht lebensfähig sind. Innerhalb der Zelle eines Mikroorganismus liegt ein bestimmtes Redoxsystem mit einem begrenzten Redoxpotentialbereich und einem bestimmten pH-Wert vor. Überschreitet das Redoxpotential des umgebenden Wassers nun einen gewissen Grenzwertbereich, beeinflusst das den Stoffwechsel des Mikroorganismus bis zu dessen Lebensunfähigkeit. Als für Schwimmbeckenwasser "sicheres" Redoxpotential gilt im großen und ganzen ein Wert von oberhalb etwa 600 mV für eine Abtötung nach einer Einwirkungszeit von unterhalb einer Minute.

Weiterhin soll das Desinfektionsmittel in einer möglichst niedrigen Anwendungskonzentration einsetzbar sein, in der es weder auf die technischen Einrichtungen korrodierend wirkt noch toxisch ist oder schädliche Nebenwirkungen auf den Badegast ausübt. Es soll geschmacks- und geruchsneutral sein, muß im Wasser genügend beständig sein, um ihm eine hinreichende und andauernde Keimtötungswirkung zu verleihen - (Depotwirkung), soll neben der Desinfektionswirkung dabei auch eine oxidative Wirkung auf die Wasserinhaltsstoffe haben, ohne mit diesen jedoch störende Verbindungen einzugehen, darf das Wasser nicht zusätzlich belasten, wobei die Reaktionsprodukte biologisch abbaubar sein sollen, sollte unter wirtschaftlich vertretbarem Kostenaufwand erhältlich sein und überdies zuverlässig, sicher und genau zu dosieren und sicher, einfach und schnell in seiner Konzentration im Wasser bestimmbar sein. Ein derartiges ideales Desinfektionsmittel ist nicht bekannt, doch erfüllen Chlorgas und einige Chlorverbindungen einen Großteil der aufgezählten Anforderungen. Für die Badewasserdesinfektion ist insbesondere Chlorgas das Desinfektionsmittel der Wahl.

Die mit der Chloranwendung verbundenen Nachteile sind allgemein bekannt und äußern sich unter anderem in Geruchsbelästigungen, in Augenreizungen und in Hautunverträglichkeiten. Bezüglich der Geruchsbelästigung und der Augenreizung wurde erkannt, daß hierfür nicht etwa das im Wasser gelöste elementare Chlor oder dessen Hydrolyseprodukte Salzsäure und unterchlorige Säure verantwortlich sind, sondern die Umsetzungsprodukte mit den im Wasser vorhandenen Ammoniakderivaten (Chloramine). In Form der Chloramine liegt das Chlor zugleich als "gebundenes" Chlor vor, das aus ihnen allerdings teilweise wieder freigesetzt werden kann.

Zur Badewasseraufbereitung hat ferner Ozon Eingang gefunden, das das stärkste Oxidations- und Desinfektionsmittel überhaupt ist, das man für die Wasseraufbereitung einsetzen kann. Ozon hat sehr gute bakterizide, viruzide und sporozide Eigenschaften und kann kolloid im Wasser verteilte Stoffe zum Teil ausflocken. Ferner verbessert es den Geruch, den Geschmack und die optischen Eigenschaften des Wassers. Hervorzuheben ist der oxidative Abbau der organischen Wasserbelastungsstoffe durch Ozon. Die Nachteile des Ozons liegen darin, daß es in Wasser sehr schwer löslich ist, relativ schnell zerfällt und wegen seiner erheblichen Toxizität im Beckenwasser überhaupt nicht vorhanden sein sollte. Das führt dazu, daß Ozon nicht als Depotoxidans und -desinfiziens im Beckenwasser auftreten kann, jedoch mit großem Reinigungsvorteil bei der Wasseraufbereitung außerhalb des Badebeckens einsetzbar ist. Gegenüber einer reinen Chloranwendung zur Wasseraufbereitung verhilft das Ozon bei der kombinierten Anwendung von Chlor und Ozon, erhebliche Mengen an Chlor einzusparen. Nach dem Stand der Technik liegen die Verhältnisse dann stets so, daß das dem Becken entnommene Rohwasser nach wenigstens einem Filtrationsschritt zunächst mit Ozon im Überschuß behandelt wird, um die im Rohwasser befindlichen Mikroorganismen abzutöten bzw. zu inaktivieren und die organischen Belastungsstoffe abzubauen, und daß nach der Ozonung die Chlorung zum Reinwasser erfolgt, welches dem Becken zugeführt wird. Wegen der Toxizität des Ozons wird konventionell das Wasser nach der Ozonung und vor der Chlorung über ein Aktivkohlefilter geleitet, an dem sich das im Wasser gelöste Ozon katalytisch zersetzt. Nach den KOK-Richtlinien darf das dem Becken zufließende Reinwasser dann keinen oder keinen größeren Ozongehalt als 0,01 g Ozon/m³ Frischwasser aufweisen.

Nach dem Stand der Technik erfolgen die Ozonherstellung und die Ozonung des Rohwassers - (gelegentlich im weiteren auch als Aufbereitungswasser bezeichnet, sofern das Rohwasser, ohne schon als Reinwasser vorzuliegen, wenigstens einem Reinigungsschritt bereits unterzogen worden ist) im näheren folgendermaßen.

Vorwiegend aus Luft, gelegentlich auch aus Sauerstoff, wird Ozon hergestellt, regelmäßig durch stille, elektrische Entladung bei Spannungen zwischen 6000 und 20000 V. Im Falle von Luft lassen sich dabei Ozon-Luft-Gemische mit einer Ozongaskonzentration um 2 Vol.% herstellen, wobei für die Erzeugung von 1 g Ozon beim Einsatz von trockener, atmosphärischer Luft ein Energieaufwand von 15 bis 30 Wh erforderlich ist. Unter den geschilderten Umständen darf das Ausgangsgas Luft oder Sauerstoffgas weder Feuchtigkeit, noch Staub oder katalytisch wirkende Substanzen enthalten, damit ein vorzeitiger Zerfall des gebildeten Ozons möglichst verhindert wird. Das eingesetzte sauerstoffhaltige Gas muß daher mechanisch gereinigt und auf einen Taupunkt unter 228 K (-45°C) getrocknet sein.

Eine moderne Ozoneerzeugungsanlage mit einer Leistung bis zu etwa 800 bis 1000 g Ozon pro Stunde stellt mit allen ihren notwendigen Nebenaggregaten und -einrichtungen einen Wert von näherungsweise 500.000 DM oder mehr dar, ist hochtechnisiert, verlangt einen nicht unerheblichen Wartungsaufwand und geschultes Wartungspersonal. Hinsichtlich der laufenden Betriebskosten fallen die Energiekosten bei einem Energieaufwand von 15 bis 30 kWh je kg Ozon stark ins Gewicht. Bei einem Ozonverbrauch von beispielsweise 1,15 kg/h wie für ein Hallenbad gemäß dem Bad Nr. 3 nach Tabelle 2 beträgt der Energieaufwand für die Ozoneerzeugung somit etwa 17 bis 35 kWh je Stunde oder etwa 200 bis 400 kWh täglich bei angenommenem 12-Stundenbetrieb. Bei Freibädern, insbesondere Freibädern mit Wellenbetrieb, sind der Ozonverbrauch und dessen Kosten noch höher.

Das hergestellte Ozon wird über Injektoren oder in Wäschern, die nach dem Gegenstromprinzip arbeiten, in das Aufbereitungswasser eingebracht, wobei nach dem Stand der Technik je m³ Wasser 0,5 bis 1,5 g Ozon verbraucht werden. Dieser Ozoneinsatz liegt hinsichtlich des an und für sich sehr guten Desinfektions- und Oxidationsvermögens des Ozons sehr hoch und erklärt sich durch die geringe Löslichkeit des Ozons in Wasser und die herrschende Anwendungstechnik, nach der das Ozon in Gegenstrombehältern oder in Reaktionsschlangen in Form mehr oder weniger großer Gasblasen des Luft-Ozon-Gemisches (Mischungsverhältnis Ozon : Luft etwa 1 : 50) bei Normaldruck das Wasser durchperlt oder -bei Reaktionsschlangen mit konventionell vertikalem Windungsfortlauf - mit der wäßrigen Phase schlecht durchmischt über diese mehr oder weniger nur entlangstreicht. Daher haben die Reaktionszeiten des Ozons mit dem Wasser, d.h. die mittlere Verweilzeit des Wassers in den Reaktionsbehältern, auch zwischen 1 und 1,5 Minuten zu betragen.

Sämtliche bekannten Ozonungsverfahren arbeiten für das Ozon-Luft-Gemisch offen, wobei die vom Wasser nicht gelösten erheblichen Gasmengen aus dem Reaktionsgefäß über Kopf ausgeleitet werden, und wegen des physiologischen Erfordernisses eines ozonfreien Beckenwassers muß das ozonisierte Aufbereitungswasser schließlich noch entozont werden.

5 Insgesamt ist diese Ozonungstechnik sowohl hinsichtlich der Investitions-als auch der Betriebskosten sehr teuer, wobei die Einsparungen an dem Desinfektionsmittel Chlor die Ozonungskosten nur zu einem Bruchteil aufwiegen. Der besondere Vorteil der Ozonung liegt allerdings in einer mittelbaren Auswirkung des verminderten Chloreinsatzes, indem bei der ozonunterstützten Badewasseraufbereitung dem Chlor gegenüber der reinen Chloranwendung nicht mehr die Doppelrolle der Reinigung des Rohwassers und der
10 Einstellung und Aufrechterhaltung des Chlorspiegels an "freiem Chlor" im Beckenwasser zufällt, sondern nur noch die letztgenannte Aufgabe, was im Ergebnis dazu führt, daß im Beckenwasser geringere Konzentrationen an Reaktionsprodukten des Chlors, insbesondere an den lästigen Chloraminen, und allgemein eine bessere Wasserqualität auftreten, so daß auch die Umwälzintervalle für das Beckenwasser reduziert werden können.

15 Infolge der für die konventionelle Ozonungstechnik erforderlichen Anlagen und Kosten vermochte die Wasseraufbereitung mit Chlor und Ozon bislang keinen allgemeinen Eingang zu finden, wobei Länder mit hunderten bis tausenden von Badeanstalten bekannt sind, in denen eine Chlor-Ozon-Aufbereitung noch völlig unangewandt ist. Ferner wurde eine Umstellung von rein mit Chlor arbeitenden Schwimmbädern auf eine Chlor-Ozon-Aufbereitung des Badewassers nach dem Stand der Technik nie ausgeführt.
20 Von diesen Umständen aus nimmt die Erfindung ihren Ausgang.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, nicht nur eine ozonunterstützte Badewasseraufbereitung und -desinfektion sowohl aus technischen als auch aus Kostengesichtspunkten allgemein zu ermöglichen und insbesondere bislang nur mit Chlor als Wasseraufbereitungs- und -desinfektionsmittel arbeitende Bäder für eine Chlor-Ozon-Aufbereitung des Wassers technisch und wirtschaftlich sinnvoll nachrüstbar zu machen,
25 sondern darüber hinaus auch die Gesamtbetriebskosten unter das bisherige Kostenniveau der rein chlorgereinigten Bäder zu senken. Die Nachrüstung soll sich dabei ohne technische Umbauten der vorhandenen Anlagen und unter Weiterverwendung der vorhandenen Einrichtungen bewerkstelligen lassen.

Zur Lösung dieser Aufgabe war zunächst das ganz grundsätzliche Problem des nach dem Stand der Technik teuren und verschwenderischen Ozoneinsatzes zu überwinden. Angelpunkt war also die
30 Überlegung, einerseits den Wirkungsgrad des einzusetzenden Ozons zu steigern, um konsequenterweise daraus dann andererseits mit einem Ozonisator geringerer Kapazität, gegebenenfalls auch schwächerem Ozonerzeugungsgrad, auskommen zu können, der auch keine raumfüllende Anlage mehr darstellt, sondern ein handliches, unanfällig und wartungsarmes Gerät sein sollte.

35 So wurde hinsichtlich des Ozonisators ein kompaktes, handliches Gerät (Abmessungen 40 cm x 40 cm x 20 cm) folgender Leistungsdaten entwickelt: maximale Leistungsaufnahme 50 W bei 220 V und 50 - 60 Hz, Luftdurchsatz 700 l/h, maximale Ozonerzeugung 1,2 g O₃/h.

Zur Steigerung des Wirkungsgrades des Ozons im Aufbereitungswasser griff die Überlegung Platz, durch Verkleinerung der Gasblasen des eingeleiteten Ozon-Luft-Gemisches dessen wirksame Oberfläche zu vergrößern, das Gasgemisch inniger mit dem Wasser zu vermischen, in einem geschlossenen System zu
40 arbeiten, aus dem kein an Ozon abgereichertes Ozon-Luft-Gemisch entfernt werden muß, und Ozon nur in solchen Mengen einzusetzen, daß sich eine Ozonvernichtung und Einrichtungen hierzu erübrigen.

Gelöst wurde die Voraussetzung der innigen Durchmischung des Luft-Ozon-Gemisches mit dem Aufbereitungswasser erfindungsgemäß nun aufgrund der Ergebnisse folgenden Modellversuchs: Zweigt man aus einem in einem Rohr oder Schlauch geförderten Hauptstrom fließenden Wassers einen Teilstrom
45 in einem Rohr oder Schlauch ab, bringt mittels eines Unterdruck erzeugenden Injektors in den Teilstrom etwa 40 % seines Durchsatzes an Luft ein, wobei das Luftvolumen auf den natürlichen atmosphärischen Druck bezogen ist, und fördert man das Wasser-Luft-Gemisch mit einer Strömungsgeschwindigkeit ab etwa 1,5 m/s durch eine Leitungsstrecke in Form einer Spirale aus mehreren in senkrechter Ebene verlaufenden Windungen, so verteilt sich die Luft in dem Wasser zu einem milchig aussehenden schaum- oder gisch-
50 tartigen Verteilungszustand in Art eines Sprays oder Aerosols, der bei Zusammenführung mit dem Hauptstrom in diesem ersichtlich erhalten bleibt.

Unter Anwendung dieses gemäß der Erfindung entwickelten Verfahrens zur innigen Durchmischung von strömenden Flüssigkeiten und hoher Volumina darin nicht oder kaum löslicher Gase auf die Ozonung von Wasser, ergaben sich unter Verwendung des oben bezeichneten Ozonisators in praxi überraschende
55 Ergebnisse, die nachfolgend skizziert und sodann anhand einer Figur und von tabellierten Vergleichsdaten näher erläutert werden.

In der praktischen Erprobung, vgl. hierzu auch die Tabellen 3 bis 5, bei Hallen- und Freibädern, für die die Wasseraufbereitung zuvor alleine mit Chlor, vornehmlich Chlorgas, vorgenommen worden war, wurde aus der Roh- oder Aufbereitungswasserringleitung von dem Strom des Aufbereitungswassers ein Teilstrom in der Größenordnung von 1,7 m³/h abgeleitet. In diesen wurden aus dem oben beschriebenen Ozonisator konstant etwa 1 g Ozon (maximal 1,2 g Ozon) in etwa 700 l Luft je Stunde eingeleitet und gemäß dem oben beschriebenen Verfahren mit dem Teilstrom durchmischt, der sodann mit dem Hauptstrom des Aufbereitungswassers wieder vereinigt wurde. Bakteriologische Tests deuten darauf hin, daß wenigstens 90 % der in dem Rohwasser zuvor enthaltenen Mikroorganismen unmittelbar nach der Zusammenführung in Sekundärbruchteilen lebensunfähig geworden waren. In dem Gesamtstrom wurde mit der vorhandenen Chloreinleitungsanlage das Wasser gechlort und als Reinwasser ins Badebecken geleitet. Das gesamte Leitungssystem war geschlossen, so daß keine Luft aus ihm entweichen konnte. Die aus dem Ozonisator stammende Luft also erst an den Reinwassereinleitungsstellen im Becken nach oben steigen konnte. Weder in den aufgefängenen, aufsteigenden Luftblasen noch im Beckenwasser ließ sich Ozon nachweisen. Langzeitversuche zeigten, daß unter Beibehaltung oder Verbesserung der früheren Konzentrationen an freiem Chlor, des Redoxpotentials und der Keimzahl das Beckenwasser sich zufolge dieser Ozonbehandlung mit nur etwa einem Prozent der konventionell erforderlichen Ozonmenge - der Chlorverbrauch je nach Beckentyp und Betriebsart bis zu 70 % oder mehr senken ließ. Im weiteren wurde die Wasserqualität des Beckenwassers erheblich gesteigert, Augenreizungen und Geruchsbelästigungen verschwanden.

Bei sämtlichen Erprobungsbädern blieben die vorhandenen Einrichtungen des Wasseraufbereitungs- und Desinfektionssystems in Betrieb, und der einzige nennenswerte technische Eingriff bestand in der Einrichtung des Bypasses für den Rohwasserstrom zur Einleitung des Ozon-Luft-Gemisches aus dem handlichen Ozonisator und der oben genannten spiralförmig verlaufenden Leitungsanordnung des Bypasses als Mischstrecke für die innige Durchmischung des abgezweigten Rohwasserstromes mit der ozonhaltigen Luft.

Weder ein eigenes Reaktionsgefäß zur Gewährleistung einer bis zu 1,5-minütigen Verweilzeit des Rohwassers für dessen Ozonung noch ein Ozonvernichter zur Zerstörung des in dem Wasser enthaltenen unverbrauchten Ozons sind vonnöten.

Eine derartige Umstellung von bislang rein chlorgereinigten Bädern auf eine Chlor-Ozon-Aufbereitung des Rohwassers ist damit eine technisch einfache und billige, äußerst wirtschaftliche und überdies wasserqualitätssteigernde Maßnahme, wobei dieses Konzept der Chlor-Ozon-Wasseraufbereitung gemäß der Erfindung selbstverständlich auch bei der Neueinrichtung von Bädern in gleicher Weise vorteilhaft zum Tragen kommt. Einerseits im laufenden Betrieb erheblich billiger als das reine Chloringungsverfahren, sind unter Vermeidung der vergleichsweise immensen Erstellungsaufwendungen und der hohen Betriebskosten der konventionellen Ozonanwendung nun gemäß der Erfindung auch die Vorteile der Ozonung ohne im Vergleich zum Stand der Technik nennenswerte Sach- und Energieaufwand nutzbar.

Nachfolgend werden die Erfindung anhand zweier schematischer Figuren und ihre Leistungen im Vergleich mit dem Stand der Technik anhand von tabellarischen Übersichten näher erläutert.

Fig. 1 zeigt im Schema den Wasserverlauf eines Schwimm- oder Badebeckens mit Chlorreinigung und gemäß der Erfindung zusätzlicher Ozonreinigung.

Aus dem Becken und in das Becken 1 führt eine Ringleitung 2 für den Rohwasserabgang, die Aufbereitungsstufen des Wassers und die Reinwasserzuleitung. Das abgehende Rohwasser setzt sich dabei aus dem Schwall- und Überlaufwasser und/oder direkt abgezogenem Beckenwasser zusammen. Den Gesamtrohwasserstrom fördert wenigstens eine Pumpe 3 und wenigstens ein Filter 4 hält die in dem Rohwasser enthaltenen Schwebeteilchen und teilweise andere Verunreinigungen zurück, wobei die Anwendung von Flockungsmitteln, Filterhilfsmitteln usw. und der Einsatz weiterer Aufbereitungsmittel möglich ist, insoweit sei auf die Literatur verwiesen. Abgesehen von den Teilen 5 bis 9 ist die Anlage im wesentlichen konventionell, einschließlich der Chloreinspeisung 10 sowohl nach Art der Chlorchemikalie als auch der Technik der Chlorzudosierung. Bei Becken 1 mit Querdurchströmung gelangt das Reinwasser dann über Leitungszweige 11 und Zuführungen 12 in das Becken 1 zurück. Zusätzliche weitere Einrichtungen, etwa zur Regulierung des pH-Wertes des Beckenwassers oder automatische Meßanlagen von Hand oder automatisch geregelte Dosiereinrichtungen und dergleichen sind nicht gezeigt.

Gemäß der Erfindung nun wird aus dem stündlichen Gesamtförderstrom Q_h des Aufbereitungswassers über einen Bypass 5 ein von einer Boosterpumpe 6 geförderter stündlicher Teilstrom q_h in der Größenordnung von 1,7 m³/h abgezweigt und mit einem Ozonluftstrom von vorzugsweise 1 g/h Ozon in etwa 700 l/h (bezogen auf den Atmosphärendruck) unbehandelter Luft aus dem Ozonisator 7 versetzt,

wobei die Ozon-Luft-Einmischung mittels eines Unterdruckinjektors 8 mit Wirbelkammer erfolgt, wonach das Wasser-Ozon-Gemisch in der Spirale 9 bei einer Strömungsgeschwindigkeit ab 1,5 m/s innig durchmischt und dann in den Hauptförderstrom eingeleitet wird. Hierbei beträgt der Förderstrom Q_h des Rohwassers vorteilhafterweise etwa 100 m³/h.

- 5 Zur Erzielung einer feinen, schaum- oder gischtartigen, aerosolähnlichen Zerteilung des Ozonluft-Wasser-Gemisches in der Spirale 9 hat es sich als befriedigend herausgestellt, wenn die Mischspirale 9 ein aus wenigstens drei Windungen in vertikaler Ebene bestehendes längliches Oval mit einer Höhe von etwa 1,5 m darstellt und die Mischstrecke 6 bis 10 m beträgt.

- Eine für die Erfindung typische Vorrichtung zur Ozonung des Rohwassers umfaßt als wesentliche Teile
10 einen Ozonisator 9 mit einem Luftdurchsatz von 700 l/h nicht vorbehandelter oder vorzubehandelnder atmosphärischer Luft und einer Ozonerzeugungsrate von 1 bis 1,2 g/h Ozon und eine Mischspirale 9 für 6 bis 10 m Mischstrecke in drei Windungen eines Rohres oder Schlauches von 3/4 Zoll (1,9 cm) Durchmesser, d.h. einem Strömungsquerschnitt von 2,85 cm²; die Mischspirale 9 ist vorzugsweise hochoval und nimmt dabei vorzugsweise eine Höhe von 1,5 m ein; der in ihr herrschende, durch die Pumpe 6 aufrechterhaltene,
15 Förderdruck liegt etwa 1,5 bar über dem Förderdruck des Rohwasserhauptstromes, der bei etwa 0,7 bar über dem Atmosphärendruck liegen kann.

- Typische Betriebsdaten sind ein Rohwasserdurchsatz q_h von 1,7 m³/h durch die Spirale 9. Daraus resultierte zunächst ohne Zumischung eines Ozon-Luft-Stromes eine Strömungsgeschwindigkeit von 1,66 m/s (1,7 m³/h : 2,85 cm²) in der Spirale 9. Nun werden dem Rohwasserstrom q_h aber 700 l/h Ozonluft zugesetzt, deren Volumendurchsatz unter Berücksichtigung eines Druckes von 0,7 bar Überdruck in der Rohwasserhauptstromleitung und von 1,5 bar Überdruck darüber in der Mischspirale mit etwa 0,3 m³/h Ozonluft veranschlagt werden kann, so daß sich für den Wasser-Ozonluft-Strom in der oben definierten Mischspirale 9 tatsächlich eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 2 m/s ermittelt. Aufgrund dieser vergleichsweise hohen Strömungsgeschwindigkeit, des Binnendruckes und der erzwungenen Umlenkungen in den Spiralwindungen treten hohe Turbulenzen und die erwünschte feinste Durchmischung der Ozonluft und des Rohwassers in dem Bypass ein; eine zusätzliche Mischwirkung dürfte durch eine Gegenstromtendenz in den absteigenden Teilen der Spirale 9 zustandekommen. Die hohe Strömungsgeschwindigkeit, mit der der aerosolartige Nebenstrom in den Rohwasserhauptstrom hineinschießt, sorgt schließlich für einen Durchmischungszustand, in dem die Ozonluft ohne Separierung mit hoher Austauschfläche für eine
20 effektive Ozonung im Rohwasser vorliegt.

- Während nach dem Stande der Technik für die Ozonung bis zu 1,5 g Ozon je m³ Rohwasser einzusetzen sind, für eine Kontaktzeit zwischen Wasser und Ozon bis zu 1,5 Minuten zu sorgen und das in dem Wasser gelöste oder mitgeschleppte unverbrauchte Ozon zu vernichten ist, hat es sich im Rahmen der Erfindung für völlig ausreichend erwiesen, je m³ Rohwasser etwa nur 0,01 g Ozon einzusetzen, d.h. also
25 von einer Eingangskonzentration auszugehen, die im wesentlichen überhaupt nur so hoch liegt wie der nach DIN 19 643 im Rohwasser nach Verlassen des Ozonvernichters gerade noch zulässige Ozongehalt des Wassers, so daß gemäß der Erfindung weder eine Ozonvernichtung vorgesehen zu sein braucht, noch überhaupt ein Reaktor für die Ozonung, die sich gemäß der Erfindung im Strömungsrohr für den Rohwasserhauptstrom selbst vollzieht. Leitungswege zwischen dem Ort der Vereinigung des ozonhaltigen Nebenstromes mit dem Rohwasserhauptstrom und dem Eintritt ins Badebecken zwischen üblicherweise 6
30 bis 20 m sind vollkommen sicher ausreichend. Da gemäß der Erfindung auf eine Ozonvernichtung verzichtet werden kann, bleibt es letztendlich auch unerheblich, ob die Zudosierung des Desinfektionsmittels Chlor vor oder nach der Ozonung erfolgt. Beides ist möglich.

- Es sei angemerkt, daß hier ein Standardverfahren beschrieben worden ist, und daß beispielsweise
35 Abweichungen, so etwa in einer Erhöhung der stündlichen Durchflußmenge q_h für den Bypassstrom des Rohwassers je einzusetzender Ozonmenge von 1 bis 1,2 g/l - und damit eine Erhöhung der Durchfließgeschwindigkeit durch die Mischspirale 9 - durchaus möglich oder günstig sind.

- Geht man von Ozongeneratoren wie dem oben genannten aus, die bei voller Leistung 1,2 g Ozon auf 700 l Luft stündlich erzeugen, läßt sich nach dem Verfahren gemäß der Erfindung ein Beckenwasservolumen von 600 bis 800 m³ einwandfrei konditionieren, wenn man -realistischerweise- Umwälzintervalle von
40 etwa 5 bis 7 Stunden für das gesamte Beckenwasser voraussetzt. Die Chloreinsparungen betragen dann bis zu 70 % oder mehr des Chlorverbrauchs der reinen Chlorungstechnik, wobei überdies noch eine Verbesserung der Badewasserqualität einhergeht. Für größere Beckenwasservolumina wären mehrere Ozonisatoren einer Kapazität von 1,2 g/h erforderlich, die neben- oder hintereinandergeschaltet zum Einsatz gebracht
45 werden können.

Einige Leistungen der Erfindung werden nun anhand der Tabellen 1 bis 5 näher erläutert, wobei die Tabellen 1 und 2 Anforderungen an das Beckenwasser (Tabelle 1) bzw. den praktischen Stand der Technik (Tabelle 2) für die Bundesrepublik Deutschland berühren, während die Angaben nach den Tabellen 3 bis 5 Anforderungen an die Beckenwasserqualität nach US-amerikanischen Erfordernissen und im Vergleich dazu die Erprobung der Erfindung bei Bädern in den USA betreffen. Während in der Bundesrepublik Deutschland bundeseinheitliche Normen gelten, können die für ein "sicheres Badewasser" in den USA verlangten Wasserwerte nach Maßgaben bis herab zur kommunalen Verwaltungsebene variieren.

Die deutschen Vorschriften nach DIN 19 643 (Tabelle 1) gehen, kurzgefaßt, von folgenden Erkenntnissen aus. Faktoren, die die Wirkung von Chlorpräparaten für die Wasserdesinfektion beeinflussen sind der Gehalt an freiem wirksamen Chlor ("freies Chlor" insbesondere als Cl_2 , unterchloriger Säure oder Hypochlorit), d.h. der Chlorüberschuß im Badewasser, die Einwirkungszeit, der Verschmutzungsgrad und die Verkeimung des Wassers; daneben spielen die Temperatur und insbesondere auch der pH-Wert des Wassers eine Rolle. Wie vor etwa 15 Jahren auch erkannt wurde, besteht ein Zusammenhang zwischen dem durch Chlor erzeugten Redoxmilieu und der Keimabtötung bzw. Virusinaktivierung, wobei die Abtötungsgeschwindigkeit nicht vom Gehalt an freiem Chlor bei vorgegebenem pH-Wert abhängig ist, sondern durch die Höhe des Redoxpotentials bei jeweils vorhandenem pH-Wert bestimmt wird. Die Höhe des Potentials ist dabei abhängig vom Konzentrations-Verhältnis Oxidationsmittel (z.B. Chlor) zum Reduktionsmittel (z.B. Verunreinigungen). Das Redoxpotential, das in einem gechlorten Wasser vorliegt, ist also ein genaues Maß für die oxidierende und desinfizierende Wirkung des vorhandenen Desinfektionsmittels, wobei die momentan vorliegende Verunreinigung des Wassers berücksichtigt ist und mit in die Messung eingeht. Derselbe Chlorgehalt kann beispielsweise einem Wasser ein niedriges oder ein hohes Redoxpotential erteilen, ausschlaggebend ist dabei immer die Konzentration der Verunreinigungen im Wasser. Das bedeutet auch, je mehr Verunreinigungen aus dem Badewasser entfernt werden, etwa durch Flockung und Filtration, desto besser ist die Desinfektionswirkung des Chlors und desto geringer ist zugleich eine Chlorzehrung im Beckenwasser durch Verbrauch von freiem Chlor unter Bildung von "gebundenem Chlor" in Form von Chloraminen aus insbesondere Zersetzungs-Produkten des Harnstoffes (eingebracht unter anderem durch Schweiß und Urin der Badegäste). Wie bereits weiter vorne erwähnt, sind es gerade die Chloramine, die für die Augen- und Hautreizungs- und Geruchsprobleme verantwortlich sind, und nicht das freie wirksame Chlor, hinsichtlich welchem es aufgrund technischer Pannen beobachtet wurde, daß selbst ein Gehalt über 8 g freiem Chlor je m^3 Badewasser bei den Badegästen weder zu Augenreizungen noch zu Geruchsbelästigungen führte.

Wie weiter, und wie ebenfalls oben schon erwähnt, erkannt worden ist, übt Ozon eine ausflockende Wirkung aus und baut organische Belastungsstoffe des Wassers oxidativ ab, so daß sich durch den Einsatz von Ozon auch diejenigen Wasserverunreinigungen reduzieren lassen, die zur Chloraminbildung führen, wodurch sich sowohl der Chloreinsatz erniedrigen als auch die Badewasserqualität steigern lassen.

Für die praktischen Anforderungen an das Beckenwasser sind unter Berücksichtigung dieser vorstehend genannten Erkenntnisse und Erfahrungen -zu denen auch gehört, daß eine vollständige E.coli-Keimtötung im Badewasser bei pH 7,0 innerhalb einer Minute ein (pH- und temperaturabhängiges) Redoxpotential von wenigstens 650 mV (gemessen gegen eine gesättigte Kalomel-Bezugselektrode) bzw. von 685 mV (gemessen gegen eine Silber/3,5 m KCl/Silberchlorid-Bezugselektrode) bei 25°C vorstatten geht -die in Tabelle 1 niedergelegten Richtwerte festgelegt worden.

Mit kleinen Unterschieden je nach der Verfahrens-Kombination (Zusammenwirkung insbesondere von Filteranlagen und eingesetzten Desinfektionschemikalien) sollen danach einerseits für eine verlässliche Desinfektionswirkung und andererseits für eine annehmbare Wasserqualität das Becken- oder Badewasser eine Konzentration an freiem Chlor zwischen 0,3 und 0,6 g/m^3 , an gebundenem Chlor von maximal 0,5 g/m^3 und ein Redoxpotential von wenigstens 700 bis 770 mV (je nach pH-Wert des Badewassers und der verwendeten Bezugselektrodenart) aufweisen. Die in Tabelle 1 aufgeführten weiteren Daten wurden an früherer Stelle bereits erläutert. Die angegebenen Richtwerte beziehen sich auf Süßwasser; bei anderen Wässern, wie Meerwasser oder Thermalwasser, gelten vergleichsweise geringe Abweichungen.

In Tabelle 2 finden sich einige zu drei nach DIN 19 643 betriebenen deutschen Bädern erhaltene Betriebs- und Verbrauchsdaten zusammengestellt, wobei das Badewasser der Bäder 1 und 2 nur mit Chlorgas und von Bad 3 nach der konventionellen Ozonungs-Chlorungs-Technik aufbereitet werden. Bei aller Lückenhaftigkeit vermittelt die Tabelle 2 jedoch einen Eindruck über den praktischen Chemikalienverbrauch, der sowohl absolut als auch auf den Verbrauch je Öffnungsstunde und auf das Gesamtbeckenvolumen normiert angegeben ist. Die Werte sind Mittelwerte. Verbrauchsspitzen bei voller Badeauslastung oder Chemikalienverbräuche außerhalb der Öffnungszeiten (beispielsweise für die Wasserkonditionierung für den nächsten Tag einschließlich einer eventuellen Schockchlorung über Nacht) sind in die angegebenen Mittelwerte einbezogen. Ohne nähere Spezifizierung mußte ferner die stündliche tatsächliche Chemikalien-

zudosierung je m³ Rohwasser bleiben, doch läßt sich ein solcher spezifischer Verbrauch unter der realistischen Annahme von Umwälzzeiten von 5 bis 7 Stunden je Gesamtvolumen der Beckenfüllung abschätzen. Die Angaben zu den Chlorkonzentrationen bei Bad 1 betreffen die über einen längeren Zeitraum beobachteten Schwankungen, und die unterstrichenen Werte sind die am häufigsten gemessenen. Der geringere Chlorverbrauch bei Bad 3 im Vergleich zu Bad 2 läßt sich zum einen auf den chemikalienverbrauchsgünstigeren Hallenbadbetrieb und zum anderen auf die zusätzliche Ozonung zurückführen.

Mit den eigentlichen Ergebnissen der vorliegenden Erfindung befassen sich die Tabellen 3 bis 5, in denen Verbrauchs- und Wasserdaten von Bädern in den USA gegenübergestellt sind, wobei die jeweils linke Spalte Angaben über den ursprünglich reinen Chlorungsbetrieb enthält und die rechte Spalte die korrespondierenden Werte nach Umstellung des Bades auf die ozonunterstützte Badewasseraufbereitung gemäß der Erfindung.

Diese Tabellen sind gemäß Tabelle 2 aufgebaut, wobei die dort gegebenen allgemeinen Erläuterungen auch hier zutreffen.

Hinsichtlich der Konzentrationen an freiem Chlor fällt auf, daß diese Werte die Normwerte nach DIN 19 643 erheblich übersteigen -erklärlich durch ein anspruchsvolleres Verständnis bzw. eine anders gelagerte Philosophie über ein "sicheres Wasser" nach US-amerikanischer Auffassung, bei der die Überlegung im Vordergrund steht, daß ein Badewasser mit Sicherheit nur dann unter allen Umständen keimfrei zu halten ist, sofern man für einen mehr als ausreichenden Überschuß an Desinfektionsmittel, sprich freiem Chlor, im Wasser sorgt, um auch bei einer etwaigen Stoßbelastung des Wassers stets noch eine ausreichende Oxidations- und Desinfektionsreserve zur Verfügung zu haben. Negativfolgen dieser erhöhten Chlorung, wie gesteigerter Chlorverbrauch und die damit verbundene Neigung zu einer erhöhten Chloramin-Bildung, werden in Kauf genommen. Unter diesem Aspekt nun wirken sich die Vorteile der Ozonung gemäß der Erfindung in einem stark reduzierbaren Chlorverbrauch und damit verbundener Verringerung der Konzentrationen an gebundenem Chlor besonders günstig aus.

Nachstehend werden die Tabellen 3 bis 5 zu Einzelfragen näher erklärt.

Bei Bad 5 handelt es sich um einen Whirlpool mit einer Wassertemperatur von 40°C, dessen Wasser nicht mit elementarem Chlor, sondern mit "Flüssigchlor" (als Natriumhypochloritlösung) aufbereitet wird. Ein besonderer Kostenfaktor liegt in der Verwendung von Mitteln zur pH-Einstellung und ferner von kostenintensiven Antischaummitteln, da das warme, stark aufgewirbelte Wasser wegen der Verunreinigungen, insbesondere durch die erhöhte Schweißabsonderung der Benutzer, zu einer unerwünschten Schaumbildung neigt. Bei Anwendung des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß der Erfindung, d.h. nach Installation einer Anlage aus einem 1,2 g/h Ozon -700 l/h Luft-Ozonisator 7 und einer Mischspirale 9 konnten die Chemikalienkosten unter gleichzeitiger Verdopplung der maximal auftretenden Konzentration an freiem wirksamen Chlor um 65 %, d.h. auf 35 % der früheren Chemikalienkosten gesenkt werden.

Bei Bad 7 sei auf die ganz hervorragende Reduzierung des Chlorgasverbrauchs um etwa 85 % beim Einsatz von vier der oben beschriebenen Ozonisatoren hingewiesen, wobei diese drastische Senkung sich folgendermaßen erklären läßt: Das Bad ist hochfrequentiert und bedurfte ursprünglich einer extrem hohen Chlorversorgung, da bei seinem Charakter als Wellenbad zugleich ein sehr hoher Chlorverlust in die Luft eintrat. Bei Ozonung gemäß der Erfindung ließ sich ein erheblicher Teil der durch Chlor im Rohwasser abzubauenen Verunreinigungen durch Ozon vernichten und für eine Chlorzehrung entziehen. Zuzufolge des nunmehr nur noch vergleichsweise geringen Chlorungsbedarfes wurde schließlich auch die Verlustrate an die Luft herabgedrückt.

Zu Bad 8, für das sich nach Umstellung von der reinen Chlorreinigung auf eine Ozonungs-Chlorungsaufbereitung des Wassers gemäß der Erfindung eine Reduzierung des Chlorgasverbrauchs im Mittel um etwa 65 % einstellte, fanden ferner breit angelegte und über gut zwei Monate verfolgte bakteriologische Untersuchungen mit folgenden Ergebnissen statt:

Es wurden je Woche drei bis vier Wasserproben an mehreren Stellen des Beckens entnommen und bakteriologisch auf E.coli und andere Keime untersucht und die Keimzahl je 100 ml Wasserprobe nach dem bekannten Coliform-Test bestimmt. Sämtliche Proben waren frei an E.coli und wiesen eine Keimzahl (MPN) unter 2,2, damit also sehr gute Werte auf. Ferner wurde bei der Badumstellung folgender Einlaufeffekt gefunden: Bei Inbetriebnahme der Anlage lag eine Keimzahl größer als 16 vor, die sich nach drei Tagen auf den über die Untersuchungszeit von zwei Monaten konstanten Betrag von unter 2,2 erniedrig hatte. Zusätzliche Untersuchungen wurden wie folgt ausgeführt: Am Beckeneinlauf für das Reinwasser wurden bei laufender Ozonerzeugungsanlage eine Probe 1 entnommen, dann wurde der Ozonator abgestellt und nach 5 Minuten eine Probe 2 gezogen und nach Wiederanstellen des Ozonisators entnahm man schließlich eine Probe 3. Die bakteriologischen Tests an diesen Proben ergaben für die Proben 1 und 3 (mit Ozonbetrieb bei der Aufbereitung) eine nach den Vorschriften bakteriologisch nicht zu beanstandendes Wasser, während das Wasser bei Probe 2 (ohne Ozonbetrieb bei der Aufbereitung) den Erfordernissen nicht gerecht wurde.

Insgesamt wurde bei sämtlichen gemäß der Erfindung betriebenen Bädern von den Badegästen die gegenüber dem vorigen Zustand drastisch hinsichtlich Klarheit, Augen- und Hautreizungen und Geruchsbelästigung verbesserten Wasserwerte begrüßt. Für die Betreiber der Bäder stellten sich erhebliche Reduzierungen der laufenden Chemikalien- und Betriebskosten, ferner einer erleichterten Reinhaltung der Anstriche, Fliesen und Fugen der Badebecken ein, und das, wie gesagt, unter Beibehaltung und Weiterbetrieb der ursprünglichen Reinigungs-Einrichtungen für das Beckenwasser und nur durch die zusätzliche Installation eines oder mehrerer der genannten handlichen und billigen Ozonisatoren und die Einmischung von Ozon im Verhältnis von etwa 1 : 100 gegenüber dem konventionellen Ozonungsbedarf zum Rohwasser in ein nicht belüftetes und unter Druck stehendes Leitungssystem nach dem Verfahren gemäß der Erfindung.

Das Wesen des Verfahrens zur Aufbereitung und Desinfektion von Badewässern unter Verwendung von Chlor und Ozon läßt sich dahingehend zusammenfassen, daß es genügt, je 100 m³/h Aufbereitungswasser konstant nur 1 bis 1,2 g/h Ozon in 700 l/h atmosphärischer Luft einzusetzen und das Aufbereitungswasser je nach Bedarf zur Einstellung und Aufrechterhaltung des gewünschten Redoxpotentials bzw. Gehalts des Beckenwassers an freiem Chlor zu chlorieren. Selbst wenn die Ozonung nicht ausreichen sollte, das Rohwasser tatsächlich bis zum geforderten Verkeimungsgrad herab zu desinfizieren, würde dieses Desinfizierungsdefizit durch die Chlorung beseitigt, wobei sich insgesamt noch immer eine erhebliche Senkung der Wasseraufbereitungs- und -desinfizierkosten einstellte.

Es sei angemerkt, daß sich die wirtschaftlichen Ergebnisse gemäß der Erfindung bei einer nach Maßgabe einer kontinuierlichen automatischen Beckenwasser-Kontrolle gesteuerten Zudosierung der desinfizierenden Chlorchemikalie ergeben, wobei die Wasserkontrolle über das Redoxpotential oder über die Konzentration an freiem Chlor des Badewassers vorgenommen werden kann.

Schließlich sei noch die Vermutung angestellt, daß sich der vorzügliche Mischeffekt der Spirale 9 und der daraus resultierende Schnellozonierungseffekt nicht zuletzt auf die hohe Luftförderung im Verhältnis von 700 l/h Luft (bei Normaldruck) je -soweit es das gegebene Beispiel betrifft -etwa 1,7 m³/h des abgezweigten Rohwasserstromes zurückzuführen ist, und daß gerade der hohe Luftanteil die beobachtete Zerteilung des in der Spirale auf wenigstens 1,5 m/s beschleunigten Massenstromes in ein Gasbläschen-Wassertröpfchen-Gemisch bewirkt. Nachzutragen sei hier noch, daß praktische Versuche zur Ozonung gemäß der Erfindung auch mit höheren Rohwasserströmen im Bypass 5, beispielsweise von 5 m³/h, bei Verwendung von 700 l/h Ozonluft ebenso erfolgreich verliefen. Für die Ozonung kommt es letztlich also nur darauf an, den Ozonluft-Wasserstrom nach Maßgabe des Strömungsdurchmessers und der Länge der Spirale 9 derart zu beschleunigen, daß der beschriebene gischt- oder aerosolartige Vermischungszustand eintritt und der so geartete ozonluftbeladene Teilstrom des Rohwassers für eine ausreichende Verwirbelung oder Durchmischung mit dem Rohwasserhauptstrom in diesen hineinschießt. Bei Ozonluftgemischen nach dem Anwendungsstand gemäß der bekannten Techniken, also mit Ozongehalten von 1 g Ozon in nur 45 bis 50 l Luft - (vgl. u.a. Tabelle 2, Bad 3) könnte der gemäß der Erfindung auftretende Schnellozonierungseffekt womöglich also ausbleiben; Vergleichsversuche hierzu sind, insbesondere wegen der vorzüglichen Leistungen der Erfindung unter Verwendung des konzipierten preiswerten 1,2 g/h Ozon -700 l/h Luft -Ozongerätes 7 allerdings (noch) nicht ausgeführt worden.

Nachfolgend wird ein weiteres, jedoch ausführlicheres Beispiel zu den Ergebnissen hinsichtlich der Verbesserungen der Wasserqualität und der Chemikalieneinsparung bei Umstellung der Beckenwasseraufbereitung von einer ursprünglichen Aufbereitung und Desinfektion nur mit Chlorgas auf das Verfahren gemäß der Erfindung gegeben. Dabei wird insbesondere gezeigt, daß die Auswirkungen der Ozon-Chlor-Wasseraufbereitung gemäß der Erfindung nicht spontan auftreten, sondern daß das Wasserreinigungssystem -bei Umstellung von einer Chlorreinigung auf die Ozon-Chlor-Reinigung gemäß der Erfindung -eine Einlaufphase von bis zu mehreren Wochen durchläuft, bis sich stabile Verhältnisse einstellen. Insoweit sind also auch die zu den Beispielen gemäß der Tabellen 3 bis 5 wiedergegebenen Ergebnisse als Betriebsergebnisse nach Abschluß der Einlaufphase, d.h. nachdem sich das Reinigungssystem auf stabile Verhältnisse einreguliert hat, zu verstehen.

Bei einem deutschen Hallenbad mit zwei Schwimmbecken, deren Beckenwasser bisher nach DIN 19 843 konventionell unter Verwendung von Chlorgas aufbereitet und desinfiziert worden war, wurde zu jedem Becken ein Ozongerät gemäß der Erfindung (1,2 g Ozon in 700 l Luft je Stunde) nach dem in Fig. 1 gezeigten Prinzip installiert und in Betrieb genommen. Die ursprünglichen technischen Einrichtungen des Bades blieben unverändert.

Die Beschreibung der Schwimmbecken und einiger Betriebsdaten zur ursprünglichen Beckenwasseraufbereitung nur mit Chlorgas als Desinfektionsmittel und zur Beckenwasseraufbereitung mit Ozon und Chlor gemäß der Erfindung sind in Tab. 6 zusammengestellt, wobei die Betriebsergebnisse zum Verfahren gemäß der Erfindung wiederum diejenigen Verhältnisse angeben, nachdem sich das Reinigungssystem stabilisiert

hatte. Zur Benutzungsart der Becken sei noch erläutert, daß das Becken 9a ein übliches Becken für Schwimmer ist, während das Becken 9b insbesondere für Nichtschwimmer, Schwimmschüler und für die Benutzung durch Schulkinder beim Schwimmsportunterricht vorgesehen ist, und daß die Becken generell hohe Besucherzahlen aufwiesen.

5 Ab Inbetriebnahme im 24-h-Betrieb der Ozonungsanlagen gemäß der Erfindung wurden die Betriebsdaten der Becken 9a und 9b über einen Zeitraum von etwa dreieinhalb Monaten verfolgt und protokolliert, wobei die Bestimmung der Konzentration an gebundenem und an freiem Chlor im Beckenwasser dreimal täglich vorgenommen wurde, und zwar bei Beginn und bei Ende des Badebetriebes und am Mittag eines jeden Betriebstages. Die Ergebnisse zum Gehalt des Beckenwassers an gebundenem Chlor sind in Tab. 7
10 nach wöchentlichen Mittelwerten zusammengestellt. Diesen Werten sind die während zwei Wochen vor Beginn des Ozonungs-Chlorungs-Verfahrens gemäß der Erfindung täglich ermittelten Werte der Konzentration an gebundenem Chlor im Beckenwasser als Mittelwert vorangestellt, wobei darauf hingewiesen wird, daß im Bad 9 zu anderen Zeiten vorher durchaus auch höhere Werte im Bereich von 0,5 bis 0,6 gebundenes Chlor / m³ Beckenwasser üblich waren und zur Aufrechterhaltung der geforderten Mindestkonzentration an freiem Chlor von 0,3 g/m³ (vgl. Tab. 1) nicht zu vermeiden waren.

15 Man erkennt aus Tab. 7, daß sich die Konzentrationen an gebundenem Chlor von anfangs über 0,4 g/m³ im Verlaufe von etwa 4 bzw. etwa 10 Wochen auf den hervorragenden Wert von 0,05 g/m³ erniedrigen ließ, der dann konstant blieb. Während sich vor der Benutzung der Erfindung die nach DIN 19 643 erlaubte Maximalkonzentration an gebundenem Chlor (vgl. Tab. 1) nicht einhalten ließ und ständig überschritten wurde, ermöglicht die Erfindung nunmehr die Einhaltung der DIN-Bedingungen.

20 Am Bad 9 wurden nach Beginn der Ausübung des Verfahrens der Ozonung und Chlorung gemäß der Erfindung noch folgende weitere Vorteile festgestellt.

Bereits drei Tage nach Aufnahme des neuen Verfahrens war eine wesentliche Verbesserung der Wassertrübung erreicht worden. Der frühere, zeitweise sehr starke Chlorgeschmack im Hallenbad hatte sich nach
25 Stabilisierung des Systems auf ein erträgliches Ausmaß gesenkt, und die früheren Klagen der Besucher über starke Augenreizungen verstummten; vielmehr wurde das Badewasser von den Badegästen jetzt als sehr angenehm empfunden.

Sowohl der Chlorverbrauch als auch die früheren Mengen an Flockungsmitteln konnten um 50 % gesenkt werden, ohne daß die nach DIN geforderte Mindestkonzentration an freiem Chlor im Beckenwasser unterschritten wurde.

30 Die Luftfeuchtigkeit im Hallenbad verminderte sich um etwa 10 %. Nach den DIN-Vorschriften sollen pro Badegast täglich 30 l Frischwasser zugesetzt werden. Diese Menge reichte vor Benutzung des Verfahrens gemäß der Erfindung jedoch nicht aus, so daß zur Erhaltung der geforderten Beckenwasserqualität früher bis zu 50 l Frischwasser je Badegast verbraucht werden mußten. Nach Stabilisierung des
35 Wasseraufbereitungs- und -desinfektionssystems gemäß der Erfindung ließ sich der Frischwasserbedarf jedoch auf 30 l je Badegast reduzieren. Alleine aus dieser Tatsache schon resultiert für das Bad 9 eine ganz erhebliche Senkung der Betriebskosten, von denen sich jetzt 40 % der Kosten für den ständigen Frischwasserzusatz, für die Abwasserentsorgung und auch an Energiekosten zur Erwärmung des Frischwassers auf die Beckentemperatur einsparen lassen.

40 Soweit die Erfindung bis hierher beschrieben worden ist, war vorausgesetzt gewesen, daß die erfindungsgemäße Ozonung des Rohwassers mit nachfolgender Chlorung gemäß dem in Fig. 1 illustrierten und dazu beschriebenen Vorrichtungs- und Verfahrensprinzip stattfindet; das heißt, daß die aus dem Ozonisator 3 erhaltene und in den Bypass 5 eingespeiste Ozonluft mit dem abgezweigten Rohwasser in einer Spirale 9 mit vertikalen Windungen zu einem gischtartigen Aerosol verwirbelt wird, und daß die Zugabe des
45 Chlorungsmittels, nämlich insbesondere Chlorgas, gegebenenfalls auch "Flüssigchlor" in Form einer Natriumhypochloritlösung, erst anschließend in den mit der Ozonluft versetzten Hauptstrom Q des Rohwassers eingeleitet wird. Auf diesem Verfahren beruhen auch die in den Tabellen 3 bis 7 vorgestellten Beispiele zur Erfindung.

Jedoch konnte festgestellt werden, daß als "Mischkammer" mit einem aufsteigenden Rohrverlauf zur
50 Ausbildung eines gischt- oder aerosolartigen Durchmischungszustandes des Ozonluft-Wasser-Stromes in dem als Beschleunigungsstrecke wirkenden Bypass 5 nicht unbedingt eine Spirale 9 vorgesehen zu sein braucht, sondern daß als verwirbelnde Mischstrecke mit vertikaler Zirkulation grundsätzlich auch eine Rohranordnung mit linearen vertikalen und horizontalen Strecken die gewünschte Ausbildung eines gischt- oder aerosolartigen Durchmischungszustandes des Ozonluft-Wasser-Stromes in dem Bypass 5 liefert. Eine
55 derartige mit der Funktion einer Spirale 9 gleichwirkende, rahmenartige Zirkulationsstrecke in vertikalen Ebenen ist in Fig. 2 gezeigt und wird nachfolgend zur Unterscheidung von einer ovalförmigen Spirale 9 als "Rechteckspirale" 9' bezeichnet. Für die Ausübung des Verfahrens gemäß Fig. 1 kann statt einer vorzugsweise ovalen Spirale 9 also auch eine Rechteckspirale 9' verwendet werden.

Ferner wurde festgestellt, daß es nicht ohne Einfluß bleibt, ob die Zudosierung des Chlorungsmittels so wie in Fig. 1 gezeigt, also nach Einmündung des Bypasses 5 in den Hauptstrom Q, erfolgt, oder ob man das Chlorungsmittel schon in die Spirale 8 bzw. 9' einspeist. Eine derartige Anordnung, bei der die Einspeisung des Chlorungsmittels in eine Rechteckspirale 9' stattfindet, ist in Fig. 2 schematisch illustriert.

Fig. 2 unterscheidet sich von Fig. 1 durch die Ausgestaltung des Bypasses 5 und den Ort der Einleitung des Chlorungsmittels. Statt einer vorzugsweise ovalen Spirale 9 dient hier als Misch- oder Durchwirbelungskammer eine Rechteckspirale 9', und die Einleitung des Chlorungsmittels erfolgt anstatt an einem Ort 10 nach der Einmündung des Bypasses 5 in die Ringleitung 2 des Gesamtwasserstromes Q nun an einem Ort 10' in die Rechteckspirale 9'.

Die Rechteckspirale 9' kann hinsichtlich des Rohrquerschnitts und der Länge der in den vertikalen Ebenen erfolgenden Zirkulation des Fluids, welches zunächst aus dem abgezweigten Rohrwasserteilstrom q und der Ozonluft besteht und dann zusätzlich das gasförmige oder flüssige Chlorungsmittel enthält, wie die Spirale 9 bemessen sein, auf deren Beschreibung weiter oben verwiesen wird.

Vorzugsweise bildet die Rechteckspirale 9' nur zwei vertikale Zirkulations- oder Umlaufebenen aus und nimmt dabei vorzugsweise eine Höhe von etwa 1,25 m und eine Breite von etwa 1 m ein. Unter den weiter oben zur Spirale 9 beschriebenen Betriebsbedingungen (Rohwasserstrom q_h im Bypass 5 etwa 1,7 m³/h; Ozonluft etwa 1,2 g/h Ozon in etwa 700 l/h Luft) liegt der Förderdruck in der Spirale 9' bzw. im Bypass 5 vorzugsweise etwa 1,5 bis 2,5 bar über dem Druck in der Leitung 2 des Wasserhauptstromes und durchströmt den Bypass 5 mit einer Geschwindigkeit von vorzugsweise etwa 2 bis 3,5 m/s. Ein typischer innerer Rohrdurchmesser für eine Spirale 9' ist beispielsweise 2,8 cm, ebenso auch für eine Spirale 9. Soll bei dem Verfahren, das Chlorungsmittel in die Misch- oder Verwirbelungsstrecke des Bypasses 5 einzuleiten und nicht in den Wasserhauptstrom, anstatt einer Rechteckspirale 9' eine Ovalspirale 9 verwendet werden, liegt der Druck in der Spirale 9 dann vorzugsweise ebenfalls etwa 1,5 bis 2,5 bar über dem Druck in der Leitung 2 des Hauptwasserstromes und durchströmt den Bypass 5 ebenfalls mit einer Geschwindigkeit von vorzugsweise 2 bis 3,5 m/s.

An dieser Stelle sei zur Wirkung einer Spirale 8 bzw. 9' über die Erklärungen weiter oben hinaus noch erläutert, daß eine im wesentlichen nur durchgehend lineare und horizontale Rohrführung für den Bypass 5, also ein Bypass 5 ohne eine Mischstrecke (9, 9') mit vertikal verlaufenden Strecken, nicht bzw. weniger in der Lage wäre, die gemäß der Erfindung angestrebte aerosol- oder gischartige innige Durchmischung der geförderten flüssigen Phase (Rohwasserstrom q und gegebenenfalls flüssiges Chlorungsmittel) mit der eingeleiteten gasförmigen Phase (Ozonluft und gegebenenfalls Chlorgas) zu erzeugen. Denn es könnte in den vertikalen Rohrstrecken keine zusätzlich Mischwirkung zufolge einer Relativbewegung zwischen dem Flüssigkeitsstrom und den naturgemäß immer nach oben strebenden Gasblasen zustande kommen, und insbesondere würde eine Phasentrennung dahingehend auftreten, daß sich über der horizontal geförderten Flüssigkeit ein Gaspolster zwischen dem Flüssigkeitsstrom und der Rohrwand ausbildet.

Wie nun an einem in den USA betriebenen Freibad, dessen Beckenwasser ursprünglich nur mit Flüssigchlor (Natriumhypochlorit) aufbereitet und desinfiziert worden war, und das dann zunächst auf eine Ozon-Chlor-Reinigung nach dem in Fig. 1 illustrierten Verfahren und schließlich auf eine Ozon-Chlor-Reinigung nach dem in Fig. 2 illustrierten Verfahren umgestellt worden war, festgestellt werden konnte, ließ sich nach der ersten Umstellung (Ozonung gemäß der Erfindung und Zugabe des Chlorungsmittels - (Flüssigchlor) in den Wasserhauptstrom Q hinter der Einmündung des Bypasses 5) eine Einsparung an dem Chlorungsmittel um 50 % erzielen, und nach der weiteren Umstellung (Ozonung gemäß der Erfindung und Zugabe des Chlorungsmittels in eine Spirale 8 bzw. 9') eine weitere Chlorungsmittelsparung auf etwa 30 % des ursprünglichen Verbrauchs.

Einige Daten dieses Bades sind in der Tab. 8 zusammengestellt.

Als Erklärung für diesen überraschenden und nicht ohne weiteres erklärbaren Effekt, daß gegenüber der Zugabe des Chlorungsmittels erst nach der Einmündung des Bypasses 5 in den Hauptstrom des umgewälzten Wassers nun eine Zugabe des Chlorungsmittels schon in die Spirale 8 bzw. 9' des Bypasses 5 zu einer Reduzierung des Bedarfes an Chlorungsmitteln führt - könnte ein Einfluß des Ozons auf die Reaktivität bzw. Selektivität des Chlorungsmittels, bzw. umgekehrt, ein Einfluß des Chlorungsmittels auf die Reaktivität bzw. Selektivität des Ozons, in Betracht gezogen werden. Während nämlich bei einer Verfahrensführung gemäß Fig. 1 die Chlorung erst dann stattfindet, nachdem das Ozon in dem Wasserstrom Q weitgehend oder völlig reagiert hat oder zerfallen ist, gelangt bei einer Verfahrensführung gemäß Fig. 2 das in die Spirale 8 bzw. 9' eingeleitete Chlorungsmittel in ein Medium höchster Ozonkonzentration.

Bei Ausübung des Verfahrens gemäß der Erfindung zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser unter Ozonung mit einem Ozonisator, der bis 1,2 g/h Ozon in 700 l/h Luft erzeugt, und begleitender Chlorung sollte daher vorzugsweise so vorgegangen werden, das Chlorungsmittel in die Misch- oder Verwirbelungsspirale 9 bzw. 9' einzuleiten, und zwar unabhängig davon, ob Chlorgas oder ob eine Hypochloritlösung verwendet werden soll.

Aus den zur Erfindung bisher gegebenen Erläuterungen darf jedoch nicht geschlossen werden, daß sich die angestrebte innige Vermischung des Rohwassers in dem Bypass 5 mit der Ozonluft bzw. mit der Ozonluft und dem Chlorungsmittel unter Druck für die Erzeugung eines gischt- oder aerosolartigen Vermischungszustandes des Wasser-Ozonluft-Fluids bzw. des Wasser-Ozonluft-Chlorungsmittel-Fluids, das dann in den Hauptstrom des Rohwassers unter erhöhter Geschwindigkeit eingeleitet wird, nur mittels einer Spirale 9 bzw. 9' erreichen ließe. Zur Erzielung eines derartigen gischt- oder aerosolartigen Vermischungszustandes wären nämlich auch andere technische Einrichtungen grundsätzlich möglich. Wichtig ist nur, daß dieser Mischungszustand erzielt wird, so daß das den Bypass 5 in den Rohwasserhauptstrom hinein verlassende aerosolartige Fluid in dem Rohwasserhauptstrom einen Reaktionszustand ohne nennenswerte Separierung der Gasphase von der Flüssigkeitsphase und mit besonders hoher Austauschfläche zwischen der Gas- und der Flüssigkeitsphase entstehen läßt. Die Durchmischungs- und Verwirbelungsmethode mittels einer Spirale 9 oder 9' mit vertikalen Zirkulationsebenen stellt allerdings eine technisch besonders einfach und zugleich wirkungsvoll zu realisierende Lösung des Gedankens der Aerosolbildung dar.

Anschließend wird noch auf einen sicherheitstechnischen und auf einen praktischen Vorteil der Erfindung hingewiesen.

Während bei dem nach dem Stand der Technik für die Ozon-Chlor-Wasseraufbereitung unvermeidlichen hochleistungsstarken Ozonisatoren eigene Sicherheitsräume für den Ozonisator unabdingbar sind, lassen sich die zur Ausübung der Erfindung erforderlichen Ozonisatoren 7, deren Leistung maximal nur 1,2 g/h Ozon beträgt, ohne besondere Schutzmaßnahmen und ohne Bedenken in allgemeinen Räumen betreiben. In dem Zusammenhang kann auch darauf hingewiesen werden, daß in der Bundesrepublik Deutschland die Richtlinien für die Verwendung von Ozon zur Wasseraufbereitung, nach denen sämtliche Ozonanlagen für die Wasseraufbereitung in einem Sicherheitsraum untergebracht werden müssen, dahin geändert werden sollen, daß Ozonisatoren mit Leistungen gemäß der Erfindung aus dem Geltungsbereich der genannten Richtlinien herausfallen.

Ferner lassen sich ein Ozonisator 7 für den Ozonluftbedarf gemäß der Erfindung, eine Mischspirale 9 bzw. 9' mit Einlaß für das Chlorungsmittel, ein Dosierungsventil für das Chlorungsmittel und eine automatische Steuereinheit für das Dosierungsventil zu einer noch handlichen Geräte- und Steuereinheit in einem gemeinsamen Gehäuse unterbringen, was ganz erhebliche Vorteile bei der Installation und insbesondere bei der Nachrüstung von bislang rein durch Chlorung desinfizierten Bädern zur Ausübung des Verfahrens gemäß der Erfindung mit sich bringt.

Tabelle 1

Anforderungen an das Beckenwasser nach DIN 19 643.

5

10	Verfahrenskombination:	a)	b)	c)
	a) Flockung + Filtrierung + Chlorung	Chlor		
15	b) Flockung + Filtrierung + Ozonung + Aktivkohlefilterung + Chlorung		Ozon + Chlor	
20	c) Adsorption an Aktivkohlepulver + Anschwemmfilterung mit Kieselgur und Aktivkohle + Chlorung			Chlor
25	Ozondosierung, g Ozon/m ³ Rohwasser	—	0,8-1,2	—
30	Konzentrationen im Beckenwasser, g/m ³	min/max	min/max	min/max
	Ozon		- / 0 *	
	freies Chlor	0,3/0,6	0,2/0,5	0,3/0,6
35	gebundenes Chlor, bei pH 6,5-7,2	- / 0,3	- / 0,1	- / 0,3
	pH 7,2-7,8	- / 0,5	- / 0,2	- / 0,5
40	Redox-Spannung, mV gegen	min / max		
	Hg/Hg ₂ Cl ₂ , bei pH 6,5-7,2	700 / -		
	pH 7,2-7,8	720 / -		
45	Ag/AgCl, bei pH 6,5-7,2	750 / -		
	pH 7,2-7,8	770 / -		

50

* zulässig 0,01 g Ozon/m³ Reinwasser unmittelbar vor Eintritt ins Becken

55

Tabelle 2

Betriebsdaten von Bädern einer deutschen Großstadt mit konventioneller Badewasseraufbereitung

	Bad 1	Bad 2	Bad 3
Benutzungsart des Beckens	Freibad, Sommerhochbetrieb	Freibad, Sommerhochbetrieb	Hallenbad, Mischbetrieb
Beckenvolumen, m ³		4800 (3 Becken)	4300 (6 Becken)
Wasserfläche, m ²		2200	2600
tägliche Öffnungszeit, h	13	13	12
Ozonung des Rohwassers Stand der Technik g/h Ozon	—	—	(3 Ozon-Anlagen) 1150 *
g/h Ozon/m ³ Beckenwasser			0,267
Chlorgasverbrauch		3,5 - 4 kg/h	500 kg/3 Wochen**
g/h/m ³ Beckenvolumen		0,73 - 0,83	0,46
pH-Wert Beckenwasser			7,2 - 7,8
Konzentration im Beckenwasser, g/m ³			
freies Chlor	0,5-2,0; <u>1,0</u>		
gebundenes Chlor	0,0-0,3; <u>0,1</u>		
Redox-Spannung, mV im Beckenwasser, geg.			
Ag/AgCl			650 - 700
Hg/Hg ₂ Cl ₂			
Verfahrenskombination			b) gem.Tab. 1

* Mischungsverhältnis Ozon : Luft = 1 g Ozon / 45 l Luft
(bei Atmosphärendruck)

** bei automatischer kontinuierlicher Messung der Konzentration an
"freiem Chlor" im Beckenwasser und automatischer Chlorgasdosierung

Tabelle 3

Betriebsdaten ursprünglich konventionell nur durch Chlorung desinfizierter Bäder nach Umstellung auf die Ozon-Chlor-Aufbereitung des Beckenwassers gemäß der Erfindung im Vergleich (bei Bädern in den USA)

5

		Bad 4		Bad 5	
10	Benutzungsart des Beckens	Hallenbad		Whirlpool 40 °C	
	Beckenvolumen, m ³	605		13.6	
15	Wasserfläche, m ²				
	tägliche öffnungszeit, h	24		24	
20	Ozonung des Rohwassers gemäß der Erfindung, g/h Ozon	—	1,2	—	1,2
25	g/h Ozon/m ³ Beckenwasser	—	0,002	—	0,088
	Chemikalienverbrauch	x ¹⁾	0.65 x	y ²⁾	0,35 y
	g/h/m ³ Beckenvolumen				
30	pH-Wert Beckenwasser				
	Konzentration im Beckenwasser, g/m ³				
35	freies Chlor	1,0-1,5 ³⁾	1,0-1,5	1,0-1,5 ³⁾	1,0-3,0
	gebundenes Chlor				
40	Redox-Spannung, mV im Beckenwasser, geg.				
	Ag/AgCl				
45	Hg/Hg ₂ Cl ₂				
	Filtersystem	Sandfilter		Kieselgur, Drucksystem	

- 50 1) x = ursprünglich je Zeiteinheit verbrauchte Menge an Chlorgas
 2) y = Kosten an "Flüssigchlor" (Natriumhypochloritlösung),
 pH-Wertmitteln und an Chemikalien gegen Schaumbildung
 55 3) = behördliche Auflage

Tabelle 4

Betriebsdaten ursprünglich konventionell nur durch Chlorung desinfizierter Bäder nach Umstellung auf die Ozon-Chlor-Aufbereitung des Badewassers gemäß der Erfindung im Vergleich (bei Bädern in den USA)

	Bad 6		Bad 7	
Benutzungsart des Beckens	Freibad, Sommerhochbetrieb		Wellenbad, 14000-18000 Pers./Tag	
Beckenvolumen, m ³	600		2650	
Wasserfläche, m ²				
tägliche Öffnungszeit, h	24		24	
Ozonung des Rohwassers gemäß der Erfindung, g/h Ozon	—	1,2	—	4,8
g/h Ozon/m ³ Beckenwasser		0,002		0,0018
Chlorgasverbrauch je Tag	7-10 kg	2,5-3,5 kg	225-250 kg	32-35 kg
g/h/m ³ Beckenvolumen	0,5-0,7	0,17-0,24	3,5-3,9	0,5-0,55
pH-Wert Beckenwasser				
Konzentration im Beckenwasser, g/m ³				
freies Chlor	0,4-1,5	0,8-1,2	0,8-1,5	0,8-1,5
gebundenes Chlor				
Redox-Spannung, mV im Beckenwasser, geg.				
Ag/AgCl		700-800		
Hg/Hg ₂ Cl ₂				
Filtersystem			Kieselgur, Unterdrucksystem	

Tabelle 5

Betriebsdaten eines ursprünglich konventionell nur durch Chlorung desinfizierter Bades nach Umstellung auf die Chlor-Ozon-Aufbereitung des Badewassers gemäß der Erfindung im Vergleich (betreffend ein Bad in den USA)

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

	Bad 8	
Benutzungsart des Beckens	Freibad, sommerlicher Hochbetrieb, Beobachtungszeit: 2 Mon.	
Beckenvolumen, m ³	500	
Wasserfläche, m ²		
tägliche Öffnungszeit, h	24	
Ozonung des Rohwassers gemäß der Erfindung g/h Ozon	—	1,2
g/h Ozon/m ³ Beckenwasser	—	0,0024
Chlorgasverbrauch je Tag	11,3-18 kg	5,5-6 kg
g/h/m ³ Beckenvolumen	0,9-1,5	0,46-0,48
pH-Wert Beckenwasser		(6,7-7,8); meist : <u>7,4</u>
Konzentration im Beckenwasser, g/m ³		
freies Chlor	Mittel: 0,5	(0,01-1,9); Mittel: <u>1,0</u>
gebundenes Chlor		
Redox-Spannung, mV im Beckenwasser, geg.		
Ag/AgCl		
Hg/Hg ₂ Cl ₂		
Filtersystem		

Tabelle 6

Betriebsdaten von zwei Schwimmbecken eines deutschen Hallenbades vor und nach der Umstellung von der ursprünglich konventionellen Chlorung des Beckenwassers auf die Ozon/Chlor-Aufbereitung gemäß der Erfindung

Benutzungsart des Beckens	Bad 9			
	Hallenbad, Schwimmbecken (9a)		Hallenbad, Lehrschwimmbecken (9b)	
Beckenvolumen, m ³	500		200	
Wasserfläche, m ²	250		100	
tägliche Öffnungszeit, h	15		15	
Ozonung des Rohwassers g/h Ozon	-	1,2	-	1,2
g/h Ozon/m ³ Beckenwasser		0,0024		0,006
Chlorgasverbrauch	x	0,5 x *	x	0,5 x *
Konzentration im Beckenwasser, g/m ³				
freies Chlor		min. 0,3		min. 0,3
gebundenes Chlor	0,4	0,05 *	0,4	0,05 *
Flockungsmittelverbrauch	y	0,5 y *	y	0,5 y *
Frischwasserbedarf je Badegast, Liter	50	30 *	50	30 *
Reinigung der Filter	in Abständen von 2 bis 5 Tagen			

* Nach Stabilisierung des Beckenwassersystems (1 bis 2 Monate Einlaufphase); nähere Angaben zum Abfall der Konzentration an gebundenem Chlor im Beckenwasser enthält Tab. 7.

Tabelle 7

Zeitlicher Verlauf der Abnahme der Konzentration an gebundenem Chlor (g/m³) im Beckenwasser bei den in Tab. 6 bezeichneten Becken nach der Betriebsumstellung auf die Chlor-Ozon-Reinigung gemäß der Erfindung. Die Chlorbestimmungen wurden täglich bei Beginn und Ende des Badebetriebes und mittags vorgenommen; angegeben werden hier allerdings die Mittelwerte einer Woche.

5

	Becken 9a			Becken 9b		
Uhrzeit der Chlorbestimmung	07	12	22	07	12	22
Reinigung nur mit Chlor; gebundenes Chlor (g/m^3) *	0,38	0,38	0,43	0,39	0,41	0,44
Reinigung mit Ozon/Chlor gebundenes Chlor (g/m^3) nach						
1 Woche	0,33	0,34	0,35	0,34	0,36	0,37
2 Wochen	0,21	0,24	0,26	0,21	0,24	0,27
3 Wochen	0,19	0,16	0,21	0,17	0,21	0,25
4 Wochen **	0,15	0,17	0,19	0,20	0,28	0,36
5 Wochen	0,05	0,07	0,09	0,24	0,27	0,31
6 Wochen	0,05	0,05	0,06	0,18	0,19	0,32
7 Wochen	0,05	0,06	0,06	0,16	0,14	0,18
8 Wochen	0,05	0,06	0,06	0,10	0,12	0,15
9 Wochen	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,11
10 Wochen	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,10
11 Wochen	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07
12 Wochen	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,08
13 Wochen	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06
14 Wochen	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
15 Wochen	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
16 Wochen	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

* Mittelwerte der letzten 2 Wochen vor Inbetriebnahme der Ozonanlage gemäß der Erfindung

** In dieser Woche war die Ozonanlage für einen oder zwei Tage außer Betrieb genommen worden.

Tabelle 8

5

Betriebsdaten eines ursprünglich konventionell nur durch Chlorung desinfizierten Bades nach Umstellung auf die Ozon-Chlor-Aufbereitung des Beckenwassers gemäß der Erfindung, wobei das Chlorungsmittel Natriumhypochloritlösung entweder nach Einmündung des Bypasses 5 in den Hauptwasserstrom oder in die Spirale 9 bzw. 9' des Bypasses eingegeben wurde.

10

Die angegebenen Verbrauchswerte für das Chlorungsmittel beziehen sich auf das stabilisierte Reinigungssystem und auf eine Redox-Spannung des Beckenwassers von im Mittel etwa 750 mV und eine Konzentration an freiem Chlor im Beckenwasser von im Mittel etwa 0,4 g/m³.

16		Bad 10		
20	Benutzungsart des Beckens	Freibad, Hochsummer 50 Personen pro Tag		
	Beckenvolumen, m ³	200		
25	Wasserfläche, m ²	130		
	tägliche Öffnungszeit, h	11		
30	Ozonung des Rohwassers g/h Ozon	1,2		
	g/h Ozon / m ³ Beckenwasser	0,006		
35	Ort der Zugabe des Chlorungsmittels	direkt ins Becken	nach Bypass 5	in die Spirale 9, 9'
40	Verbrauch an Flüssigchlor, l/Tag (Mittelwert)	18,8	9,4	5,6

Ansprüche

45

1. Verfahren zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser durch Ozonung und Chlorung unter Verwendung eines aus einem Ozonisator stammenden Ozon-Luft-Gemisches und eines Chlorungsmittels, insbesondere Chlorgas, umfassend wenigstens die Verfahrensschritte: Entnahme von Beckenwasser als Rohwasser und Filtrierung des Rohwassers durch wenigstens eine Filtereinheit, Abzweigung eines Teilstromes aus dem Hauptstrom des Rohwassers über einen Bypass und Einmischung der Ozonluft in den Teilstrom des Rohwassers, Vereinigung des ozonlufterhaltigen Teilstroms des Rohwassers mit dem Hauptstrom des Rohwassers, Chlorung des Rohwassers und Rückführung des geozonten und gechlorten Rohwassers als Reinwasser in das Becken,

50

dadurch gekennzeichnet, daß man zur Ozonung von bis zu je 100 m³/h Rohwasser aus dem Rohwasserstrom (Q_R) über den Bypass (5) einen Teilstrom (q_R) des Rohwassers von bis zu 5 m³/h, vorzugsweise von 1,7 m³/h, abzweigt, in den Teilstrom (q_R) einen Ozonluft-Strom von 1 bis 1,2 g/h Ozon in etwa 700 l/h Luft - (bezogen auf den Atmosphärendruck) einleitet, das ozonhaltige Fluid in dem Bypass (5) zu einem innigen, gischt- oder aerosolartigen Durchmischungszustand verwirbelt, das gebildete ozonhaltige Fluid-Aerosol bei

55

der Einmündung des Bypasses (5) in den Hauptstrom des Rohwassers hineinschießen läßt und ohne Entlüftung des geschlossenen Rohrleitungssystems (2) den geozonten und gechlorten Strom des entstandenen Reinwassers mitsamt der aus dem Ozonisator (7) stammenden Luftmenge in das Becken (1) einleitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Ozonisators (7) mit einer Ozonerzeugungsrate von maximal 1,2 g/h Ozon je 700 l/h eingesetzter atmosphärischer Luft.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Erzeugung des gischt- oder aerosolartigen Durchmischungszustandes für den durch den Bypass (5) gehenden Gas-Flüssigkeit-Fluidstrom den Fluidstrom durch eine aus einem Rohr oder einem Schlauch gebildete Spirale (9, 9') mit vertikalem Strömungsumlauf unter einem Druck und mit einer Geschwindigkeit leitet, ausreichend für die Ausbildung des gischt- oder aerosolartigen Durchmischungszustandes.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man das Chlorungsmittel, z.B. Chlorgas oder eine Natriumhypochloritlösung, in die Spirale (9, 9') einleitet.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Spirale (9) verwendet, die bei 6 bis 10 m Leitungslänge drei Windungen in vertikaler Ebene aufweist und vorzugsweise die Gestalt eines vertikalstehenden Ovals einnimmt, und daß die Spirale (9) von einem Teilstrom (q_h) des Rohwassers von 1,7 m³/h und einem Ozonluftstrom von 1 bis 1,2 g/h Ozon in 700 l/h Luft durchströmt wird, wobei in der Spirale ein Druck bis etwa 1,5 bar über dem Druck in der Leitung (2) des Hauptstromes des Rohwassers herrscht und die Spirale (9) mit einer Fluidgeschwindigkeit von etwa 2 m/s durchströmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Spirale (9') verwendet, die zwei vertikale Strömungsumlaufebenen aufweist und die Gestalt eines Rechteckes einer Höhe von etwa 1,25 m und einer Breite von etwa 1 m einnimmt, daß man das Chlorungsmittel in die Spirale (9') einleitet, und daß man bei einem Druck in der Spirale von 1,5 bis 2,5 bar über dem Druck in der Leitung (2) des Hauptstromes des Rohwassers den aus dem Rohwasserteilstrom (q_h), der Ozonluft und dem Chlorungsmittel gebildete Fluidstrom mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 3,5 m/s durch die Spirale (9') befördert.

7. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch eine Bypassleitung (5), eine in diese eingeordnete Beschleunigungspumpe (6), wenigstens einen hinter der Pumpe (6) an die Bypassleitung (5) angeschlossenen Ozonisator (7) einer maximalen Ozonerzeugungsrate von 1,2 g/h Ozon in 700 l/h atmosphärischer Luft, und, als Teilstrecke der Bypassleitung (5), eine als Verwirbelungskammer für den durch die Bypassleitung (5) hindurchgehenden Gas-Flüssigkeit-Fluidstrom vorgesehene Spirale (9, 9') mit wenigstens zwei Strömungsumlaufebenen in vertikaler Richtung.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ozonisator (7) nach dem Prinzip der VakuumentSORGUNG mittels eines Unterdruckinjektors (8) arbeitet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruckinjektor (8) eine Wirbelkammer zur Einmischung von Gasen in Flüssigkeiten aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Spirale (9) gebildet ist aus einem Rohr oder Schlauch eines inneren Durchmessers von 1,9 bis 2,8 cm, bei 6 bis 10 m Leitungslänge drei Windungen in vertikaler Ebene aufweist und vorzugsweise die Gestalt eines vertikalen Ovals von etwa 1,5 m Höhe einnimmt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Spirale (9') zwei vertikale Strömungsumlaufebenen ausbildet und als Rechteck mit etwa 1,25 m Höhe und etwa 1 m Breite ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spirale (9, 9') mit einem Anschluß für die Einleitung von Chlorgas oder einer chlorhaltigen Lösung ausgerüstet ist.

13. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet als transportable, kompakte Geräteeinheit, umfassend ein Teilstück einer Bypassleitung (5), einen daran angeschlossenen Ozonisator (7) einer maximalen Ozonerzeugungsrate von 1,2 g/h Ozon in 700 l/h atmosphärischer Luft, eine zwischengeordnete Mischspirale (9, 9') mit Einlaß für ein Chlorungsmittel, ein Dosierventil für das Chlorungsmittel und eine automatische Steuereinheit für das Dosierventil.

Fig. 1

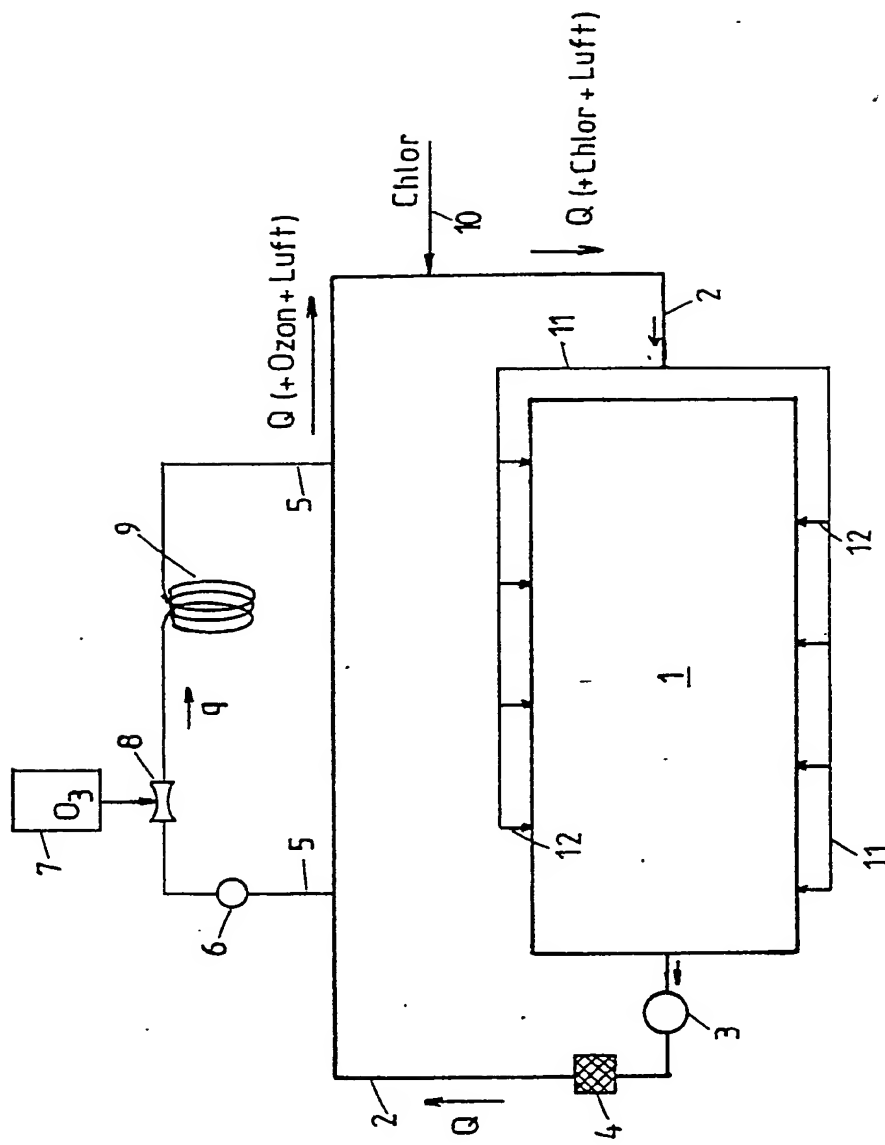
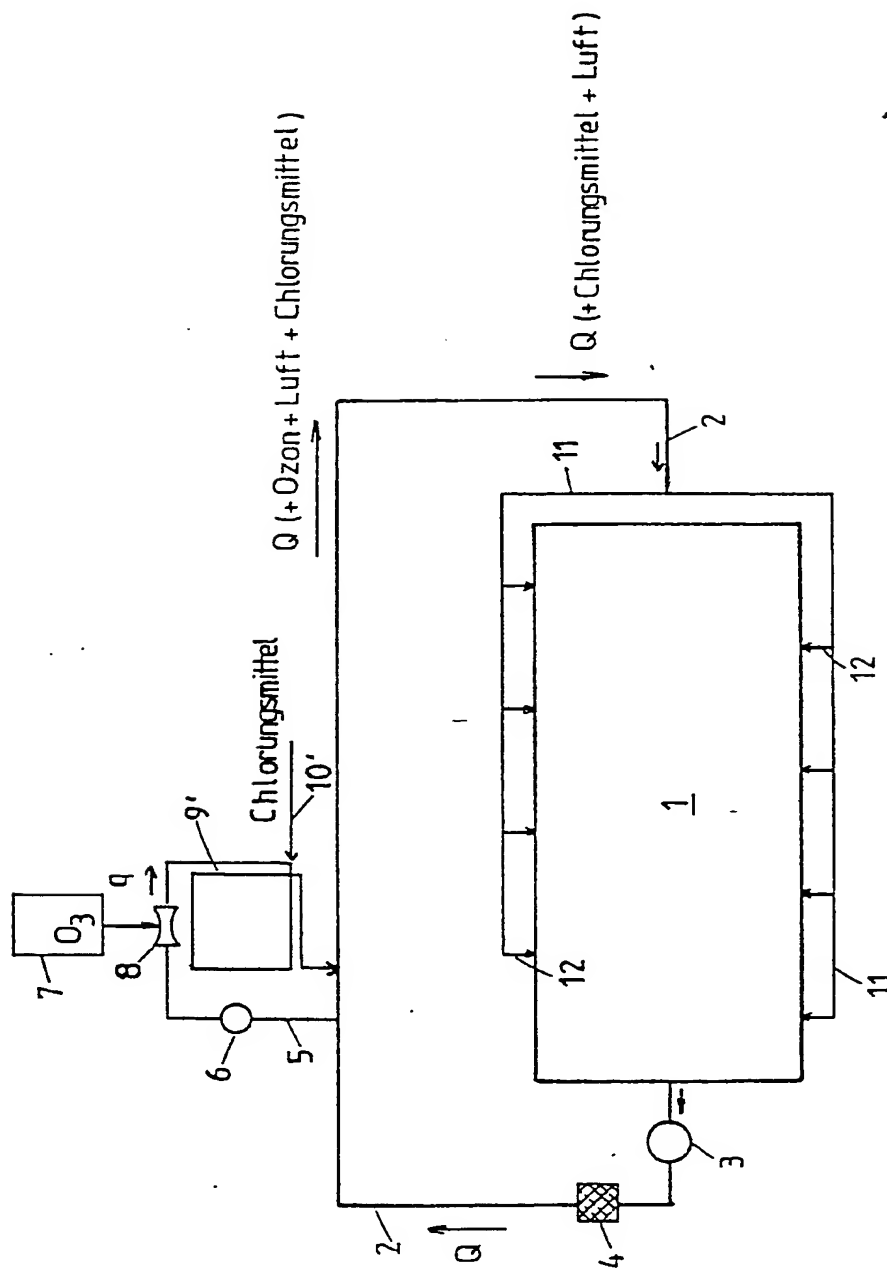


Fig. 2



02.05.87

PATENTANWALT DR.-ING. LOTTERHOS

6000 FRANKFURT (MAIN) 1
LICHTENSTEINSTRASSE 3
FERNSPRECHER: (069) 55 50 61
TELEXSERVICE 411833 moto d
LANDESZENTRALBANK 50 007 149
POSTGIROKONTO 16 67-609

I FRANKFURT (MAIN), 27. Mai 1987

Europäisches Patentamt
Zweigstelle Den Haag
Postbus 5818
NL-2280 HV Rijswijk ZH

Betr.: 87 102 021.0
TAMIR, Shlomo

Antrag auf Berichtigung von offensichtlichen Fehlern nach
Regel 88 EPÜ

Die Beschreibung der internationalen Anmeldung enthält drei offensichtliche Fehler:

1. Auf Seite 13 in Zeile 36 und
2. auf Seite 27 in Zeile 29

ist das Bezugszeichen für den Ozonisator 7 unzutreffend mit
"9" bzw. "3" angegeben.

3. Auf Seite 29 in Zeile 32 muß das letzte Wort anstatt "vertikalen"
richtigerweise "horizontalen" heißen.

Die Offensichtlichkeit des Fehlers ergibt sich ohne weiteres aus dem
dort erläuterten technischen Zusammenhang und insbesondere aus dem
Begriff "horizontal geförderte Flüssigkeit" in Zeile 37.

VNR: 007 880

Vertreter: